

Библиографический список

1. Райт П. Полиуретановые эластомеры: Пер. с англ. под ред. Н.П. Апухтиной / П. Райт, А. Камминг. - Л.: Химия, 1973. - 304с.
2. Zia K.M. Methods for polyurethane and polyurethane composites, recycling and recovery: A review / K.M. Zia, H.N. Bhatti, I.A. Bhatti // Reactive & Functional Polymers.- 2007.-V. 67.-№8.-Р. 675-692.
3. Токарев А.В. Технологии вторичной переработки полиуретановых отходов / А.В. Токарев, Н.В. Сироткин, В.В. Бестужева // Химическая промышленность.-2006.-Т.83.-№10. С. 486-496.
4. Огнезащитные составы для древесины на основе продуктов аминолита полиуретанов / Гарифуллин Д.Ш., Галлямов А.А., Балакин В.М. // Проблемы теоретической и экспериментальной химии: тезисы докладов / XIX Российская молодежная научная конференция, посвященная 175-летию со дня рождения Д.И. Менделеева, УРГУ, Екатеринбург, 27-29 апреля, 2009г. – С. 105-106.

Глухих В.Н., Краснюк Н.Г.

(СПбГЛТА им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, РФ)

krasnoeznamya@list.ru

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ К СОСТАВЛЕНИЮ
КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
КАЧЕСТВА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ
MATHEMATICAL MODELS FOR DEVELOPING SOFTWARE FOR
FORECASTING TIMBER DRYING QUALITY**

Критерием для выбора местоположения пиломатериалов на схеме распиловки пиловочника (рис. 1) является их сопротивляемость предотвращению поперечного коробления при последующей сушке. Этот критерий характеризует величину внутренних напряжений в пиломатериалах, возникающих при сушке. В пиломатериалах, имеющих более высокую сопротивляемость предотвращению коробления, заметно выше остаточные напряжения, высока опасность пластевого растрескивания. У таких досок самое большое поперечное коробление, а также самая большая разность между короблением внутренней и наружной пластей, что фактически является дополнительным припуском при механической обработке.

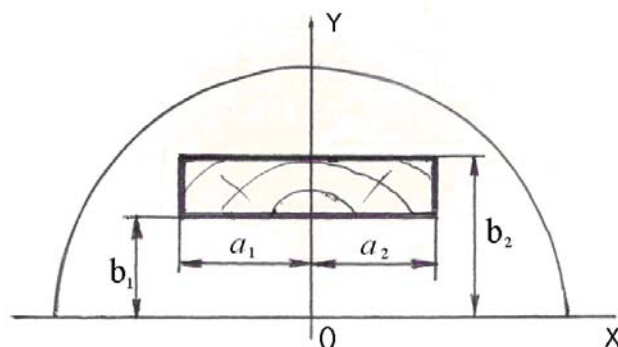


Рисунок 1 – Расчетная схема сечения пиловочника

Главной причиной появления поперечного коробления является неодинаковая усушка пластей доски. Подтверждением этому является наличие множителя в формуле для определения силы коробления доски, представляющего собой разность коэффициентов усушки пластей [1]:

$$P_K = \frac{4R^2 \Delta W E_0}{3B} (1 + \beta \Delta W) (K_2 - K_1), \quad (1)$$

где $2R$ – толщина доски,

B – ширина сечения доски,

K_1, K_2 -коэффициенты усушки пластей,

E_0 - модуль упругости среднего слоя.

Причем, здесь K_1 и K_2 есть средние значения коэффициентов усушки пластей.

Величина силы коробления P_K в соответствии с формулой (1) зависит также и от модуля упругости.

Гипотетическая связь коэффициента усушки с модулем упругости, предложенная проф. Б.Н. Уголевым [2] и подтвержденная в теоретических исследованиях [3] в виде:

$$K_r E_r = K_t E_t = K_x E_x, \quad (2)$$

позволила установить характер изменения коэффициента усушки:

$$K_x = K_r \cos^2 \theta + K_t \sin^2 \theta - \frac{K_r - K_t}{2} \sin 2\theta, \quad (3)$$

и модуля упругости по ширине пласти доски [4]:

$$\frac{1}{E_x} = \frac{\cos^4 \theta}{E_r} + \frac{\sin^4 \theta}{E_t} + \frac{3 - \alpha^2}{E_t} \sin^2 \theta \cdot \cos^2 \theta. \quad (4)$$

Формула (3) отличается от известной наличием третьего слагаемого, ответственного за появление угловых деформаций усушки, проявляющихся в особенности в брусковых пиломатериалах. По этой причине методика прогнозирования качества сушки пиломатериалов должна основываться на использовании зависимости (3).

На рис. 2 проиллюстрированы графики изменения разности коэффициентов усушки по ширине наружной и внутренней пластей (на примере сосновых досок толщиной 30 мм) в зависимости от положения доски на схеме раскроя бревна. На всех графиках разность коэффициентов усушки по ширине доски достигает наибольшего значения при некоторых значениях координаты наружной пласти, которая может быть достаточно просто найдена математически с использованием функции (5):

$$\delta = \frac{K_r x^2 + (K_t - K_r) x b_2 + K_t b_2^2}{x^2 + b_2^2} - \frac{K_r x^2 + (K_t - K_r) x b_1 + K_t b_1^2}{x^2 + b_1^2}. \quad (5)$$

Результаты экспериментальных исследований [1] свидетельствуют о том, что характер изменения разности коэффициентов усушки пластей и силы коробления одинаков.

Таким образом, можно будет найти размерные параметры пиломатериалов (ширина и толщина сечения, координаты пластей) с наибольшей сопротивляемостью пре-

дотвращению коробления при сушке и не включать такие пиломатериалы в схему раскроя бревен.

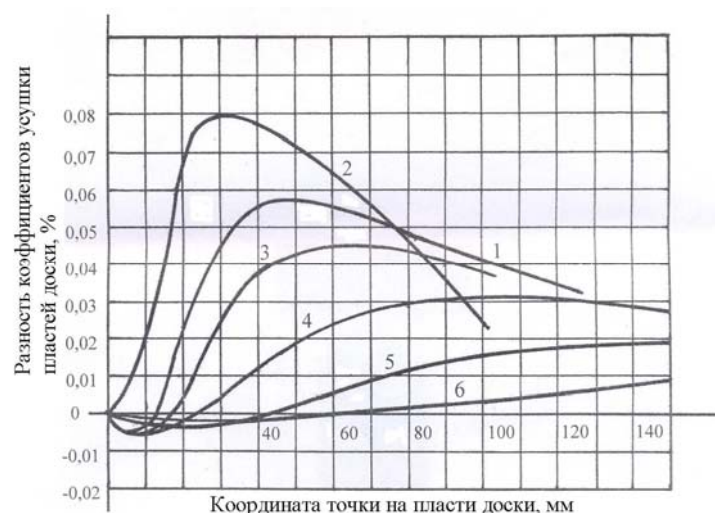


Рисунок 2 – Изменение разности коэффициентов усушки пластей досок при различных значениях координат пластей b_2/b_1 :
1 - 50/20; 2 - 40/10; 3 - 60/30; 4 - 80/50; 5 - 120/90; 6 - 180/150

Границами зоны размерных параметров досок можно избрать точки 0 и 2 с ординатами, равными ординате точки перегиба 0 на графике разности коэффициентов усушки пластей (рис.3). Таким образом, прямой линией параллельной оси X с ординатой точки перегиба, отсекается часть графика $\delta(x)$, характеризующая такие пиломатериалы с наибольшей силой коробления, которые нежелательно включать в схему распиловки бревна с целью сокращения потерь сухих пиломатериалов из-за коробления и растрескивания.

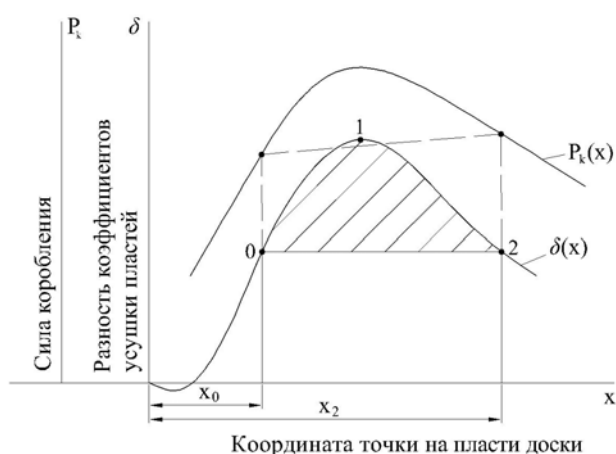


Рисунок 3 – Схема для определения размерных параметров пиломатериалов с наибольшей сопротивляемостью предотвращению коробления

Для определения абсциссы точки перегиба 0 (рис. 3) находим вторую производную функции $\delta(x)$ и приравниваем ее к нулю. В результате решения с использованием уравнения (5) и преобразований получим:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \delta(x)}{dx^2} = K_t & \left[\frac{2b_2^2(x^2 + b_2^2)^2 - 8x^2b_2^2(x^2 + b_2^2)(\alpha^2 - 1) +}{(x^2 + b_2^2)^4} \right. \\ & + \frac{2xb_2(x^2 + b_2^2)^2 + 4xb_2(b_2^2 - x^2)(x^2 + b_2^2)(\alpha^2 - 1) -}{(x^2 + b_2^2)^4} \\ & - \frac{2b_1^2(x^2 + b_1^2)^2 - 8x^2b_1^2(x^2 + b_1^2)(\alpha^2 - 1) -}{(x^2 + b_1^2)^4} \\ & \left. - \frac{2xb_1(x^2 + b_1^2)^2 + 4xb_1(x^2 + b_1^2)(b_1^2 - x^2)(\alpha^2 - 1)}{(x^2 + b_1^2)^4} \right] \end{aligned} \quad (6)$$

Алгебраическое уравнение для нахождения абсциссы точки перегиба имеет вид:

$$\begin{aligned} & [-4x_0^2b_2^2 + 2x_0b_2(b_2^2 - x_0^2)](x_0^2 + b_1^2)^3 + [4x_0^2b_1^2 + 2x_0b_1(b_1^2 - x_0^2)](x_0^2 + b_2^2)^3 + \\ & + (b_2^2 + x_0b_2)(x_0^2 + b_2^2)(x_0^2 + b_1^2)^3 - (b_1^2 + x_0b_1)(x_0^2 + b_1^2)(x_0^2 + b_2^2)^3 = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Найденное значение x_0 из уравнения (7) подставляем в (5) и вычисляем $\delta(x_0)$:

$$\delta(x_0) = \frac{K_r x_0^2 + (K_t - K_r)x_0b_2 + K_t b_2^2}{x_0^2 + b_2^2} - \frac{K_r x_0^2 + (K_t - K_r)x_0b_1 + K_t b_1^2}{x_0^2 + b_1^2}. \quad (8)$$

Абсциссу второй точки (точки 2, рис. 3) находим, решая уравнение (8) с учетом найденного $\delta(x_0)$.

Из уравнения (7) следует, что абсцисса точки перегиба x_0 не зависит от породы древесины и от влажности досок. На этом основании можно предвидеть, что и у второй точки абсцисса будет одинаковой в случае любой породы и влажности.

Таким образом, решения (7) и (8) являются универсальными, то есть применимыми для любой породы древесины и не зависят от влажности пиломатериалов.

Все доски шириной $B/2$ меньше x_0 и больше x_2 имеют низкую сопротивляемость предотвращению коробления.

Доски шириной $x_0 \leq B/2 \leq x_2$ включать в схему распиловки нежелательно, так как они при сушке могут понизить свое качество из-за коробления, пластевых трещин и остаточных напряжений.

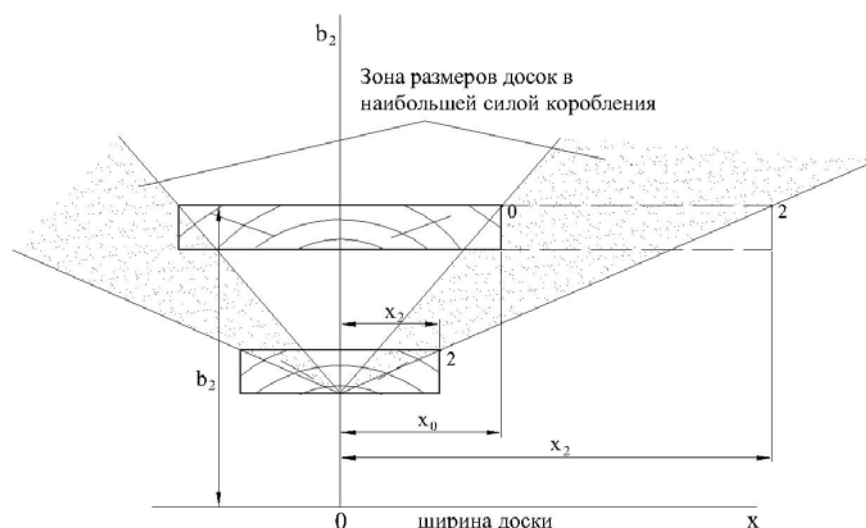


Рисунок 4 – Диаграмма для определения размеров досок с наибольшей сопротивляемостью предотвращению коробления

После установления оптимального расположения досок на схеме раскроя бревна по вышеописанной методике необходимо проверить ее по максимальной величине поперечного коробления, по разнотолщинности и по потерям из-за коробления наружной и внутренней пластей при механической обработке.

В первом случае необходимо воспользоваться формулой [5]:

$$f_{k2} = (1 - \Delta W K_r) \sqrt{a_2^2 + b_2^2} \left\{ \cos \frac{1 - \Delta W K_t}{1 - \Delta W K_r} \arctg \frac{a_2}{b_2} - \cos \left(\arctg \frac{a_2}{b_2} \right) \right\}, \quad (9)$$

где f_{k1}, f_{k2} - величина коробления внутренней и наружной пластей;

ΔW – снижение влажности древесины ниже предела гигроскопичности, %;

K_r, K_t - коэффициенты усушки в радиальном и тангенциальном направлениях.

Полученное значение f_{k2} необходимо сравнить с допускаемым короблением по стандарту в соответствии с сортом пиломатериалов. В случае превышения коробления над стандартным пределом необходимо вернуться вновь к поиску более оптимального размещения доски на схеме раскроя пиловочника.

Таким образом, при составлении схемы распиловки вразвал или с брусочкой на один брус с использованием выбранного выше критерия в некоторой средней части нужно будет выпиливать доски по другой схеме в отличие от выбранной первоначально. Например, при распиловке вразвал (рис. 5, а) доски в опасной зоне $2x_2$ при последующей сушке понизят свое качество из-за пластевого растрескивания и коробления. Все доски, расположенные в зоне, размеры которой можно определить по предлагаемой нами методике, нужно будет распилить, например, пополам (рис. 5, б).

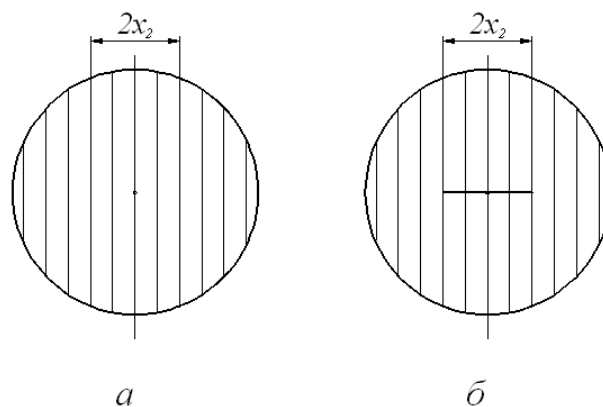


Рисунок 5 – Распиловка вразвал

При распиловке с брусковкой на один брус (рис. 6, а) толщину бруса нужно согласовать с размером опасной зоны. Толщина бруса не должна быть меньше размера $2x_2$ опасной зоны. При распиловке бруса часть досок из центральной зоны также будет подвержена растрескиванию и короблению. Эта зона должна быть распилена на бруски, либо на доски, как показано на рис. 6, б.

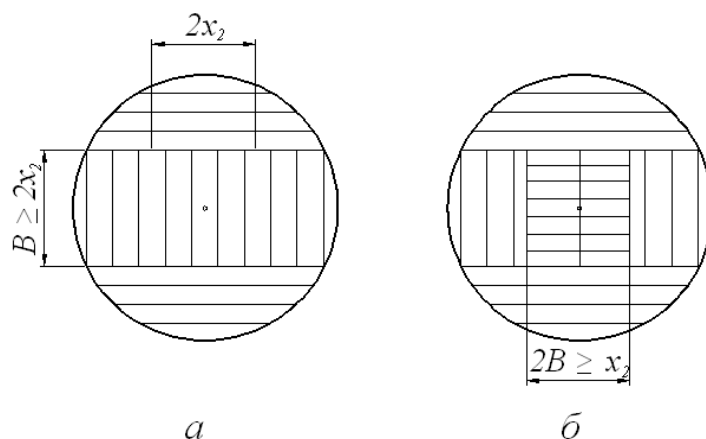


Рисунок 6 – Схема распиловки бревен

Для сравнения различных вариантов размещения досок на схеме распиловки выполняется вторая проверка, учитывающая потери древесины из-за разнотолщинности досок.

Разнотолщинность досок есть разность между поперечным короблением внутренней и наружной пластей. Потери в стружку из-за разнотолщинности:

$$P_p = \frac{f_{K1} - f_{K2}}{S} \cdot 100\% . \quad (10)$$

Расход сухой древесины в стружку из-за коробления при механической обработке в относительных величинах:

$$P_k = \frac{f_{K2} + f_{K1}}{S} \cdot 100\% . \quad (11)$$

Зависимости (5), (7), (8), (9), (10) и (11) служат основой для составления компьютерной программы, которая позволит прогнозировать качество сушки пиломатериалов на стадии составления схем раскроя пиловочника вразвал и с брусовкой на один брус.

Библиографический список

1. Соколов П.В., Глухих В.Н. Влияние некоторых факторов на силу коробления древесины. М.: Деревообрабатывающая промышленность, 1971, №3.
2. Уголев Б.Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке. М.: Лесная промышленность, 1971.- 174с.
3. Глухих В.Н. Анизотропия древесины как фактор для повышения качества сушки пиломатериалов. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2007. – 163с.
4. Глухих В.Н. Анизотропия коэффициента усушки и постоянных упругости древесины поперек волокон. СПб.: Известия СПбГЛТА, вып. 2008.

Гороновский А.Р., Голякевич С.А.

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь) golsera@rambler.ru

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДА МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН PARAMETERS DETERMINATION FOR EFFECTIVE DRIVING MULTIFUNCTIONAL FOREST MACHINES

Снижение эксплуатационных затрат при работе лесных машин является важной прикладной задачей. Одним из путей ее решения является выбор рациональных параметров привода технологического оборудования и движителя для заданных эксплуатационных условий. Для большинства лесотранспортных машин (трелевочных тракторов, форвардеров, автомобильного лесовозного транспорта) существуют известные методики такого выбора, однако они не применимы к лесным машинам, выполняющим технологические операции не связанные с передвижениями самой машины (харвестерам).

При выборе мощностных параметров двигателя многооперационных лесных машин обычно руководствуются максимальными затратами мощности на привод движителя [1]. Практическое применение таких машин показало, что мощности двигателя, выбранного по такому критерию, часто не достаточно для производительной работы харвестера.

Для подобного типа машин может применяться методика, основанная на выборе параметров по максимальным мощностным потребностям технологического оборудования (манипулятора с харвестерной головкой) [2]. Однако такая методика также не оправдала себя.

С целью выбора рациональной методики расчета по обоснованию параметров привода технологического оборудования и движителя, а также выбору критерия оценки эффективности работы харвестера, с точки зрения производительности и энергозатратности, нами были рассмотрены энергетические затраты следующих технологических